

## Structure spécifique d'une végétation sahélienne. Cas de Wiidu Thiengoli (Ferlo, Sénégal)

L.-E. AKPO, A. GASTON & M. GROUZIS

**Résumé** : Cette étude se propose d'établir les fluctuations spatio-temporelles d'une végétation sahélienne à proximité de Wiidu Thiengoli, à partir d'une série d'observations floristiques. Les données, traitées par des méthodes d'analyses multivariées, font apparaître une forte variabilité de la composition floristique et un effet rémanence, qui est d'autant plus important que l'année de référence est exceptionnellement sèche ou humide. La comparaison des relevés floristiques de stations proches du forage par rapport à des sites éloignés permet d'évaluer la réponse du système aux perturbations zoo-anthropiques.

**Summary** : The structure of the herbaceous forest layer around Wiidu Thiengoli drilling site has been studied for a fifteen-year-period to determine spatial structure floristic composition. The data was analysed, using multidimensional methods (Factorial analysis of correlation) and showed high variability in floristic composition and a "memory effect". This latter is more important when the reference year is exceptionally dry or wet. Comparison of floristic sampling among sites near the drilling (highly disturbed) with sites farthest away (undisturbed) showed that there are specific floristic composition changes correlated with zoo-anthropic disturbance.

*Léonard-Elie Akpo, Faculté des Sciences (Biologie végétale), Université Cheikh Anta Diop, B.P. 5005, Dakar – Fann, Sénégal.*

*André Gaston, CIRAD-EMVT, 10, rue Pierre Curie, 94704 Maisons Alfort Cedex, France.*  
*Michel Grouzis, ORSTOM, Laboratoire d'Ecologie végétale, B.P. 1386, Dakar, Sénégal.*

### INTRODUCTION

Le Sahel, situé entre 13° et 18° de latitude nord, se trouve confronté aux grands problèmes de développement liés à la croissance démographique, au déficit structurel de la production vivrière et à la dégradation des conditions écologiques (GROUZIS, 1988).

L'économie des régions sahéliennes *sensu stricto*, où l'agriculture est marginale, est basée sur les activités pastorales. L'élevage, de type extensif, exploite les pâturages naturels. L'éleveur, ne pouvant pas trouver sur place en toute saison la nourriture nécessaire à son troupeau, transhume sur d'immenses territoires.

L'accroissement du cheptel et les activités anthropiques associés aux conditions de sécheresse intense engendrent des perturbations parfois profondes des systèmes écologiques sahéliens, par ailleurs

fragiles. On parle souvent de dégradation. Celle-ci se manifeste notamment par des modifications de la composition floristique de la végétation.

La présente étude se propose d'analyser la structure spécifique de la végétation en établissant les fluctuations spatio-temporelles de la strate herbacée dans l'aire de desserte du forage de Wiidu Thiengoli et en mesurant les conséquences sur la flore des facteurs zoo-anthropiques.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### LA ZONE D'ÉTUDE

Wiidu Thiengoli, situé à 15°20' de latitude nord et à 16°21' de longitude ouest, présente les principaux traits du climat sahélien *sensu stricto* à savoir : précipitations annuelles comprises entre 200 et 400 mm, forte variabilité des précipitations (coefficient de variation : 30 à 40 %), humidité relative de l'air très faible (moyenne annuelle de l'ordre de 35 %), températures élevées (moyennes annuelles : 25 à 30°C), forte évaporation (1800 à 2200 mm/an), précarité des réserves en eau du sol (LE HOUÉROU, 1989).

La pluviométrie moyenne interannuelle de la période d'étude (1974-1988) est de  $264,3 \pm 51$  mm. On dénombre en moyenne 16 jours de pluie par an.

TABLEAU 1 : Caractéristiques pluviométriques à Wiidu Thiengoli : quantité (mm) et nombre de jours (j) de pluie par an (1974-1988).

ANNÉES	P (mm)	N (jours)
1974	330	17
1975	475	25
1976	342	14
1977	233	14
1978	287	17
1979	202	12
1980	197	16
1981	193	13
1982	184	15
1983	123	09
1984	131	14
1985	302	18
1986	349	21
1987	281	18
1988	335	20
Moyenne	264,3	16,2

La variabilité est assez forte (Tableau 1). La pluviométrie de l'année 1975 (475 mm) est en effet d'environ 4 fois plus élevée que celle de 1983 (123 mm).

AKPO et al. (1993), en analysant la série chronologique de Wiidu reconstituée sur la période 1941–1988 (soit 50 ans environ) par la méthode de DUBREUIL (1974), observent que la pluviométrie moyenne interannuelle ( $P_{mm}$ ) est de  $298 \pm 19,5$  mm. Ces auteurs considèrent qu'une année est sèche lorsque la pluviométrie enregistrée  $P < P_{mm} - IC$  soit  $P < 278,5$  mm ; elle est humide lorsque  $P > P_{mm} + IC$  soit  $P > 317,5$  mm ; ( $P_{mm}$ , IC étant respectivement la moyenne interannuelle et l'intervalle de confiance pour  $p = 0,05$ ).

Les sols sont du type ferrugineux peu lessivé avec une tendance vers le type lessivé, sur matériaux sableux d'origine éolienne faiblement argileux compact (LEPRUN, 1971). L'horizon A, pauvre en matières organiques, peut atteindre parfois 40 cm. Cet état facilite son déplacement par le vent et la formation d'ergs (MAIGNIEN, 1965).

La région de Wiidu Thiengoli est située dans le domaine des steppes à épineux où prédominent les thérophytes et les phanérophytes. La nette dominance de ces types biologiques traduit une bonne adaptation écologique aux sévères conditions d'aridité qui règnent sur le milieu (GROUZIS, 1988).

*Balanites aegyptiaca* (L.) Del., *Acacia seyal* Del., *Acacia senegal* (L.) Willd., *Combretum glutinosum* Perr., *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst. constituent les espèces ligneuses principales. Notons que les populations de *Sclerocarya birrea*, arbre caractéristique des savanes autour de Wiidu, ainsi que celles de *Combretum glutinosum* et de *Acacia senegal* ont particulièrement été atteintes par la sécheresse persistante des deux dernières décennies (MIEHE-KLUG, 1990).

La végétation herbacée, essentiellement à base de graminées annuelles (*Schoenefeldia gracilis* Kunth, *Cenchrus biflorus* Roxb. et *Aristida mutabilis* Trin.), dépasse rarement 40 cm de hauteur. Les légumineuses sont représentées principalement par *Zornia glochidiata* Reichb., *Alysicarpus ovalifolius* (Schumach.) J. Léonard et *Indigofera senegalensis* Lam.

#### LES DONNÉES : ORIGINES ET MÉTHODES D'ÉTUDE

Les données proviennent d'une série d'observations réalisées entre 1974 et 1987, dans le cadre de la surveillance continue des écosystèmes pastoraux du Nord-Sénégal, par le Laboratoire National d'Élevage et de Recherches Vétérinaires de Dakar. Elles ont été complétées au cours de la saison de végétation 1988.

Les données exploitées concernent l'unité de végétation à *Schoenefeldia gracilis* et *Aristida mutabilis* sur pénéplaine sableuse, soit le parcours PS3 de VALENZA & DIALLO (1972).

Les relevés sont réalisés annuellement à la fin de la saison des pluies (généralement fin septembre-début octobre), sur les mêmes placeaux d'un hectare, situés selon le cas à 2–3 et 5–6 km du forage dans trois directions : Amali (au sud), Ganine (à l'est) et Tatki (au nord).

L'inventaire de la végétation est réalisé le long de deux lignes de 20 m selon la méthode des relevés linéaires.

Les binômes ont été nommés d'après la Flore du Sénégal (BERHAUT, 1967) et actualisés d'après l'Énumération des plantes vasculaires du Sénégal (LEBRUN, 1973) et l'Énumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale (LEBRUN & STORK, 1991). On trouvera en annexe la correspondance des codes des espèces.

Les fluctuations de la composition floristique de la phytocénose ont été étudiées en fonction de la variabilité spatiale, de la variabilité temporelle et de l'effet de la proximité du forage (action du bétail).

Pour ce faire la matrice Espèces (62)/ Relevés (32) des années d'observation (1974-1988) a d'abord été soumise à une analyse factorielle des correspondances (AFC), à l'aide du progiciel BIOMEKO (PRAXEME/CNRS, Montpellier) sur la base du critère présence/absence des taxa. Nous avons comparé ensuite les relevés des sites situés à 2 km (Pk2) à ceux situés à 5 km (Pk5) du forage.

## RÉSULTATS

### LA VARIABILITÉ SPATIALE

Les 4 premiers axes rendent compte de 38,1 % de la variabilité totale.

La projection de l'ensemble des relevés sur le plan principal est représentée sur la Figure 1.

L'axe 1 oppose les relevés relatifs aux années sèche (1984) et humide (1975). Cette répartition conduit à interpréter cet axe comme représentant le gradient de pluviosité.

A l'exception des relevés 5A84 (année exceptionnellement sèche) et 5A85 (effet rémanence des années défavorables précédentes sur lequel nous reviendrons plus en détail), les relevés relatifs à la direction Amali s'individualisent dans les secteurs 1 et 2.

De même, à l'exclusion de 5G74 et 5G75 (années exceptionnellement humides avec respectivement 330 et 475 mm de pluie) les relevés de Ganine se situent dans le secteur 3.

Par contre les relevés relatifs à la direction de Tatki se répartissent dans les secteurs 3 et 4, le long du deuxième axe factoriel.

La grande dispersion des relevés de Tatki nous a conduits à effectuer une analyse factorielle discriminante (AFD) pour préciser davantage le classement de ces relevés. A cet effet nous avons utilisé la méthode Disqual ou méthode de discrimination sur variables qualitatives (SAPORTA, 1990), qui consiste à remplacer les p variables qualitatives par les q coordonnées sur les axes factoriels. L'AFD a donc été réalisée sur 4 variables numériques à l'aide du logiciel STATITCF.

Les observations peuvent être représentées dans un espace à deux dimensions et l'examen des 4 analyses de variance montre que la première variable ( $F_1 : 2/29 = 6,57$  ; probabilité : 0,45 %) suffit à elle seule à séparer les groupes.

TABLEAU 2 : Analyse factorielle discriminante : tableau d'appartenance des différents groupes.

GROUPES D'ORIGINE	GROUPES D'AFFECTATION			% Bien classé
	1(1)	2(2)	3(3)	
1(1)	10	0	2	83 %
2(2)	3	6	0	66 %
3(3)	0	4	7	64 %
POURCENTAGE DE BIEN CLASSÉ				72 %

Le tableau d'appartenance (Tableau 2) indique que 72 % des relevés sont bien classés. Du groupe 1(1) les relevés 5A84 et 5A85 sont affectés au groupe 3 tandis que les relevés 5G74, 5G75 et 5G79 du

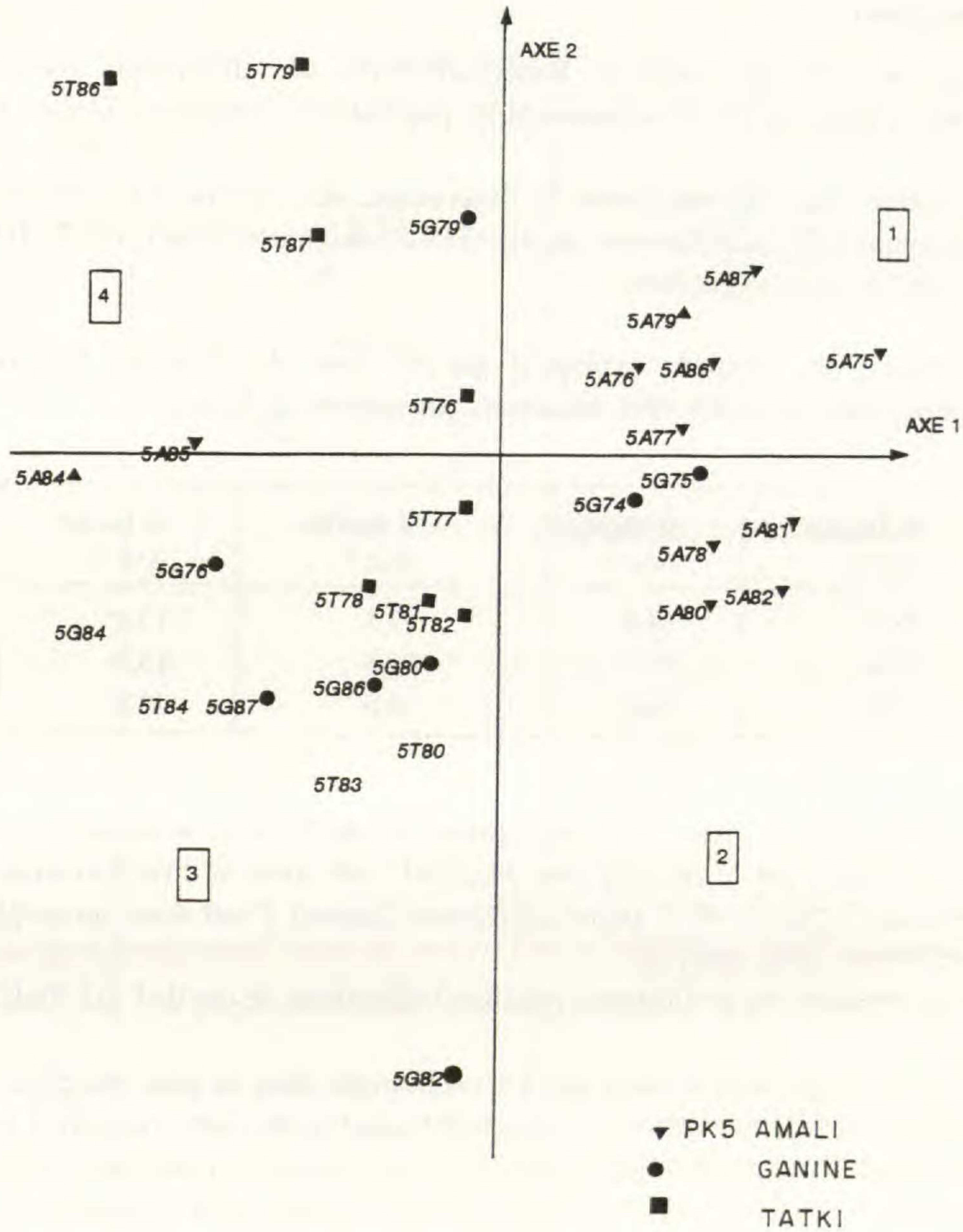


Fig. 1. — Variabilité spatiale de la végétation herbacée à Wiidu Thiengoli : diagramme des relevés floristiques (1974-1988) dans le plan principal de l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC).

groupe 2(2) sont affectés au groupe 1. C'est dans le groupe Tatki 3(3) que le pourcentage de relevés mal classés est le plus élevé (36 %).

Cette analyse indique ainsi trois entités 1(1), 2(2) et 3(3) regroupant majoritairement et respectivement les relevés de Amali (1), de Ganine (2) et de Tatki (3). Toutefois il existe des relevés mal classés. Ceux-ci correspondent en général à des années exceptionnellement sèches (1983, 1984) ou humides (1974, 1975). Le facteur pluviosité vient dans ces cas masquer la variabilité spatiale.

Nous pouvons donc considérer que cette échelle d'observation est hétérogène bien que les sites correspondent à une même unité de végétation à l'échelle du 1/200.000 utilisée par VALENZA & DIALLO (1972).

LA VARIABILITÉ TEMPORELLE

Le traitement en AFC des matrices Espèces/Relevés des différentes années d'observation (1974–1988) permet d'analyser diachroniquement les populations complexes (DAGET & TRANCHEFORT, 1974).

Le chronogramme (Fig. 2a) représente le diagramme des relevés. Le cheminement est défini comme étant la ligne qui relie les différentes années (DAGET & TRANCHEFORT, 1974). Il traduit les stades successifs de l'évolution de la végétation.

TABLEAU 3 : Variance des données expliquée par les axes de l'analyse factorielle (AFC) des relevés/espèces dans les différentes directions par rapport au forage.

AXES	% Inertie Axe 1	% Inertie Axe 2	% Inertie Axe 3	% Inertie Axe 4	% Inertie Axe (1-4)
AMALI	18,4	14,9	13,3	12,2	58,8
TATKI	18,7	17,7	15,4	13,8	65,6
GANINE	25,8	19,8	15,6	13,4	74,6

Les 4 premiers axes définis par l'AFC expliquent plus de 55 % de la variabilité totale (Tableau 3).

La variance expliquée par le premier plan factoriel varie avec la direction examinée (de 33,3 % pour la direction Amali à plus de 45 % pour la direction Ganine). C'est donc sur ce plan factoriel principal que nous établirons notre analyse.

Par ailleurs les résultats étant similaires pour les 3 directions, le cas de l'axe Tatki a été choisi pour illustrer nos propos.

L'examen du chronogramme montre que les oscillations dans le plan principal des points représentatifs de la végétation sont très fortes. Ce caractère traduit la très forte variabilité interannuelle de la composition floristique, d'autant plus que d'après le critère d'analyse (présence/absence), l'espèce rare joue un rôle identique à celui de l'espèce dominante dans l'image de la végétation.

Le diagramme des espèces (Fig. 2b) constitue le cénogramme et matérialise les relations mutuelles entre les espèces.

Un regroupement s'observe dans le secteur 1 pour les années sèches (c'est-à-dire 1980, 1981, 1982, 1983 et 1984 avec respectivement 197, 183, 184, 123 et 131 mm de pluie). Ces relevés s'ordonnent autour des espèces comme *Aristida mutabilis* (80)<sup>1</sup>, *Chloris prieuri* (163), *Colocynthis vulgaris* (182) et secondairement *Tephrosia bracteolata* (749), *Limeum pterocarpum* (501). Ces espèces caractérisent les années déficitaires sur le plan pluviométrique et peuvent être considérées comme xérophiles. *Indigofera aspera* (422), *Fimbristylis hispidula* (354) et *Alysicarpus ovalifolius* (42) complètent ce cortège floristique.

Un autre regroupement s'observe dans le secteur 3 pour les années humides (1986, 1987) avec des précipitations supérieures à 317 mm. Les espèces sont alors *Portulaca oleracea* (628), *Kohautia grandiflora* (482), *Indigofera senegalensis* (444), *Corchorus tridens* (203), *Cassia obtusifolia* (148),

1. Les chiffres entre parenthèses correspondent aux codes des espèces.

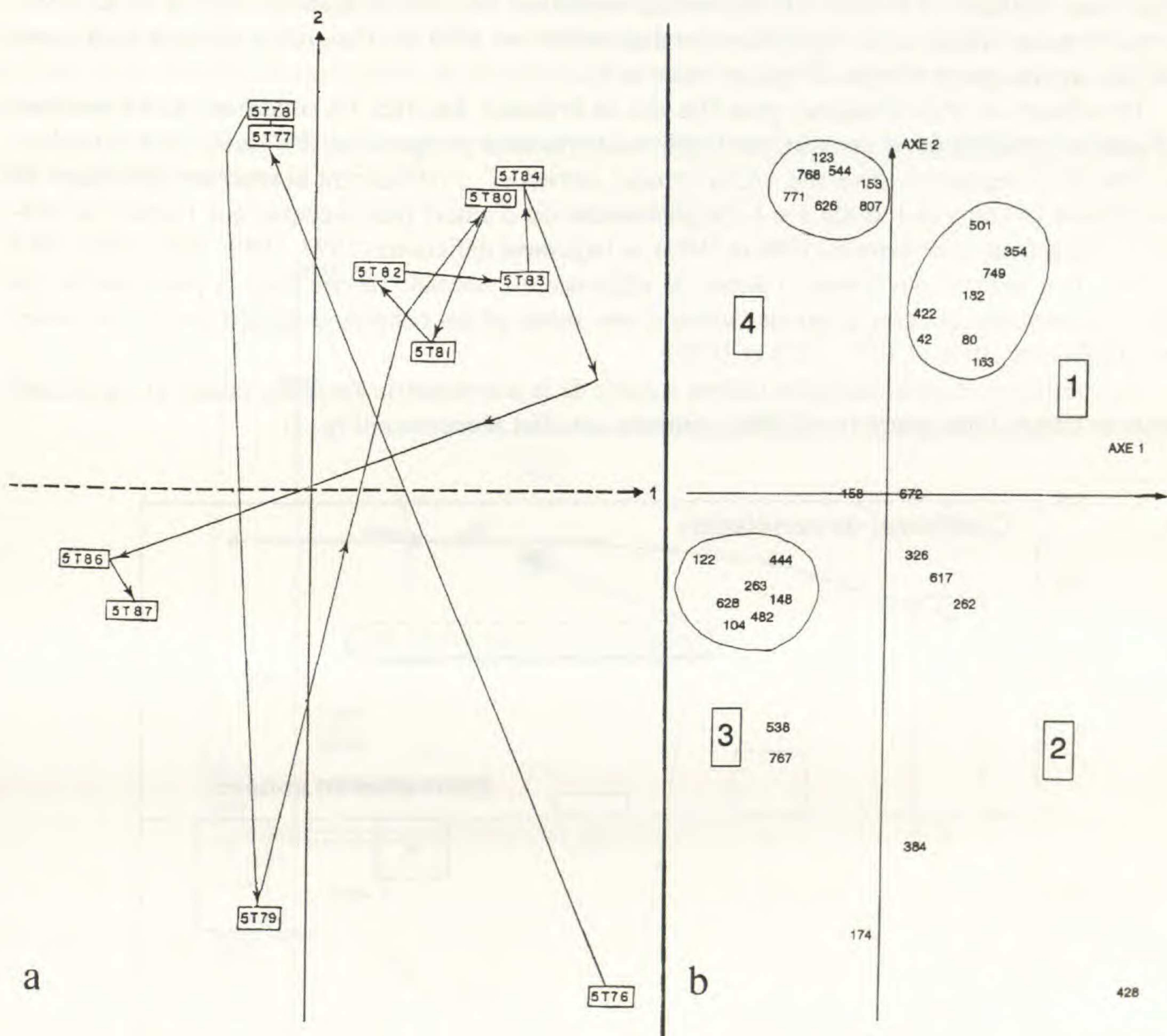


Fig. 2. — Variabilité interannuelle (1974-1988) de la végétation herbacée autour du forage de Wiidu Thiengoli : a, le chronogramme au Pk5, direction Tatki ; b, le cénogramme au Pk5, direction Tatki.

*Brachiaria ramosa* (122) et *Boerhavia repens* (104). Ces conditions normales de pluviométrie correspondent aux mésophytes.

Dans le secteur 4, *Brachiaria xantholeuca* (123), *Cenchrus biflorus* (153), *Monsonia senegalensis* (544), *Portulaca foliosa* (626), *Tragus racemosus* (768), *Tribulus terrestris* (771) et *Zornia glochidiata* (807) matérialisent l'image de la végétation (1977, 1978). Ces deux années sont caractérisées par des précipitations atteignant 233 et 287 mm pour 14 et 17 jours de pluie.

Le chronogramme (Fig. 2a) permet aussi de mettre en évidence la sensibilité de la végétation à la répartition pluviométrique. Il apparaît, en effet, sur l'axe 1 que l'image de la végétation en 1976 (abscisse positive) est très éloignée de celle de 1986 (abscisse négative) alors que les totaux pluviométriques

triques sont similaires (350 mm). On dénombrerait cependant 14 jours de pluie en 1976 et 21 en 1986. Les positions de l'image de la végétation sont déterminées en 1976 par *Indigofera diphylla* (428) et en 1986 par un plus grand nombre d'espèces (secteur 3).

Par ailleurs un effet rémanence peut être mis en évidence. En effet, les conditions écoclimatiques de l'année  $n$  caractérisées d'une part, par la pluviosité (hauteur et répartition des pluies) et d'autre part, par l'état de la végétation (diversité, recouvrement, semences...) influencent la structure spécifique de la végétation au cours de l'année  $n + 1$ . Ce phénomène est d'autant plus accentué que l'année de référence est largement excédentaire (1986 et 1987) ou largement déficitaire (1977, 1980, 1981, 1982, 1983 et 1984). Il n'apparaît pas lorsque l'année de référence est normale (année dont la pluviométrie est égale à la moyenne des précipitations) suivie d'une année où les conditions de pluviosité sont nettement différentes (1976 et 1977, 1978 et 1979).

Le coefficient d'autocorrélation obtenu à partir de la pluviométrie annuelle, positif et significatif au pas de temps d'une année ( $r = 0,598$ ), confirme cet effet rémanence (Fig. 3).

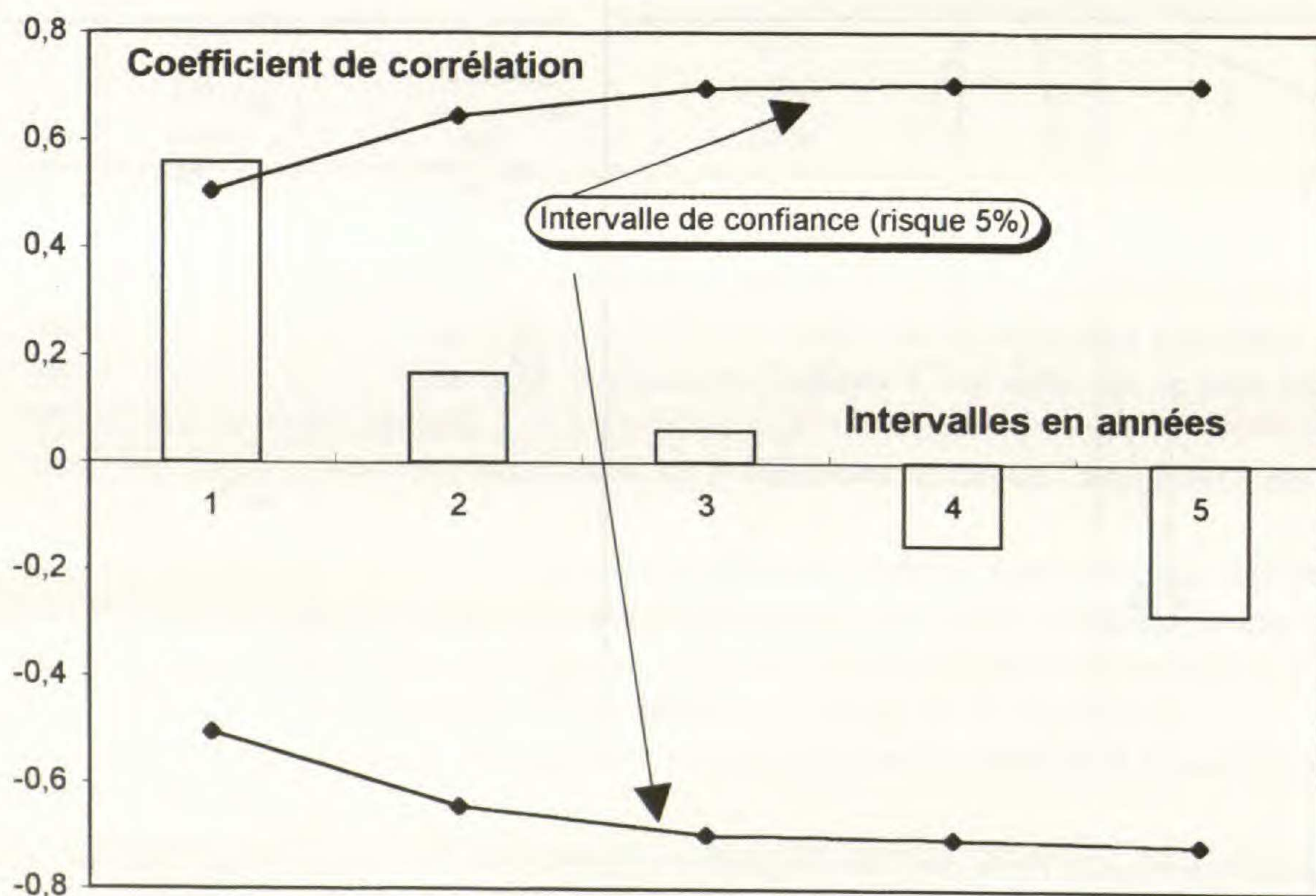


Fig. 3. — Corrélogramme de la pluviométrie (1974-1988) de Wiidu Thiengoli.

Cette hypothèse émise par différents auteurs, notamment BILLE (1977), CORNET (1981) en raison de la large dominance des thérophytes dans les phytocénoses sahéliennes, est vérifiée dans le cadre de cette analyse.

#### L'EFFET DE LA PROXIMITÉ DU FORAGE : L'EFFET PÂTURE

Les relevés relatifs aux Pk2 et Pk5 des trois directions ont été soumis à une analyse factorielle de correspondance (AFC).



Les deux premiers axes de l'AFC, (qui correspondent à la pluviométrie et à la distance au forage) rendent compte de 23,4, 25,8 et 26 % de la variabilité totale respectivement dans les directions d'Amali, de Tatki et de Ganine. Ils permettent de discriminer très nettement deux ensembles relatifs aux relevés réalisés au Pk2 et au Pk5.

Vers Ganine (Fig. 4) l'axe 2 oppose nettement les relevés du Pk2 (ordonnées positives) à ceux du Pk5 (ordonnées négatives).

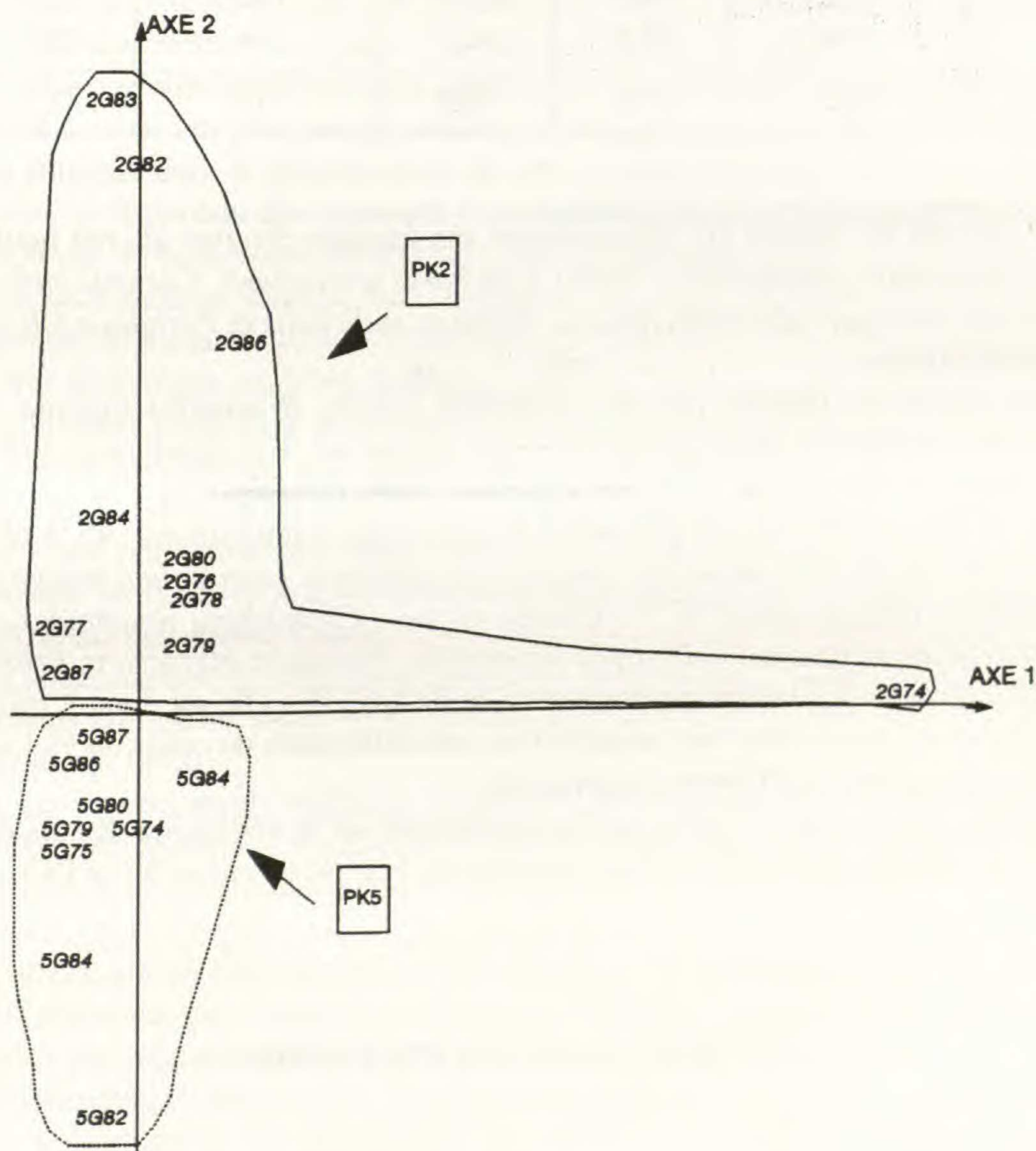


Fig. 4. — Effet pâture dans l'aire de desserte du forage de Wiidu Thiengoli : diagramme des relevés réalisés sur l'axe Ganine dans le plan 1 et 2 de l'AFC.

Vers Tatki cet effet distance du forage est aussi manifeste, mais il est moins net sur l'axe Amali. Les contributions de chaque groupe d'espèces (Légumineuses, Poacées et Diverses c'est-à-dire autres que les Légumineuses et les Poacées) aux différents facteurs rapportées aux contributions totales des espèces sont consignées dans le Tableau 4.

TABLEAU 4 : Moyenne des contributions relatives (%) des différents groupes d'espèces herbacées en fonction des directions et de la distance au forage.

Distance	Pk2			Pk5		
	Légumineuses	Poacées	Diverses	Légumineuses	Poacées	Diverses
AXES						
GANINE	10,0	21,0	69,0	18,0	53,0	29,0
AMALI	25,0	28,0	47,0	19,2	52,7	28,1
TATKI	25,8	32,5	41,7	5,6	30,5	63,9
Moyenne	20,2	27,1	52,5	14,2	45,4	40,3

Au Pk2, ce sont les espèces qui appartiennent aux familles diverses qui ont pour l'ensemble des directions la plus grande contribution (> 50 %). *Corchorus fascicularis*, *Cucumis melo*, *Kohautia senegalensis*, *Limeum viscosum*, *Merremia pinnata*, *Mollugo nudicaulis* et *Portulaca foliosa* présentent les plus fortes contributions.

Viennent ensuite les Poacées (27 %) : *Cenchrus prieuri*, *Brachiaria stipitata*, *Chloris prieuri*, *Digitaria gayana*, *Eragrostis domingensis* et *Tragus racemosus*. Les légumineuses (20 %) sont représentées par *Tephrosia bracteolata*, *Indigofera pilosa* et *Indigofera diphylla*.

Au Pk5, ce sont les Poacées qui présentent les plus fortes contributions : 45 % (*Brachiaria ramosa*, *Cenchrus biflorus*, *Aristida funiculata*, *Digitaria longifolia* et *Leptothrium senegalense*). La contribution des familles diverses atteint 40 % (*Cleome viscosa*, *Ceratotheca sesamoïdes*, *Gisekia pharnacioides*, *Heliotropium strigosum*, *Polycarpea linearifolia*, *Portulaca oleracea* et *Eriospermum abyssinicum*) tandis que celle des Légumineuses n'est que de 14,2 % ; elle est donc 3 fois plus faible. Par contre les espèces qui ont la plus forte contribution sont différentes de celles du Pk2 (*Indigofera aspera*, *Indigofera senegalensis* et *Tephrosia purpurea*).

La pression animale, qui s'exerce préférentiellement sur la végétation des abords immédiats du forage est forte. Elle permet de définir deux auréoles de végétation entre Pk2 et Pk5.

## DISCUSSION ET CONCLUSION

L'homogénéité de la végétation sahélienne à petite ou à moyenne échelle (MARCHE-MARCHAND, 1965) n'est qu'apparente.

Le traitement des données floristiques de différentes stations appartenant à une même unité de végétation (parcours à *Schoenefeldia gracilis* et *Aristida mutabilis* sur pénéplaine sableuse) à l'échelle de 1/200.000 (VALENZA & DIALLO, 1972) a révélé en effet l'existence de communautés distinctes.

A plus grande échelle la végétation sahélienne se caractérise donc par une forte hétérogénéité.

Les facteurs déterminant cette hétérogénéité relèvent d'une part, de facteurs abiotiques, essentiellement l'eau dans cette zone aride sahélienne et d'autre part, de facteurs liés surtout à l'action des troupeaux en raison de l'importance dans cette zone des activités pastorales.

Le facteur hydrique dépend tout d'abord des précipitations. Il est aussi étroitement lié à la topographie qui régit la redistribution de l'eau météorique dans le paysage et qui va ainsi aggraver ou compenser les effets de l'aridité climatique (CORNET, 1981 ; KOECHLIN, 1989) ; cette répartition de l'eau dans le système détermine des communautés spécifiques. Il dépend enfin du couvert ligneux qui limite l'évapotranspiration, favorise l'infiltration (GROUZIS & AKPO, 1993) et permet l'installation et le développement de communautés sciaphiles (AKPO, 1993).

La végétation subit aussi de profondes modifications dues à l'action des troupeaux. Nos résultats rejoignent les travaux de VALENZA (1981), de CHAMBRIS (1988) et de POISSONET et al. (1992). Ces travaux révèlent en effet à proximité des points d'eau une végétation déséquilibrée, floristiquement pauvre (1 ou 2 espèces) mais à production élevée par opposition à des sites plus éloignés, caractérisés par une végétation équilibrée ayant une plus grande richesse floristique (11 ou 12 espèces).

Le rôle des animaux dans le déterminisme de ces communautés est à mettre en relation avec la sélection d'espèces, la dispersion des semences et la répartition de la matière organique.

L'exploitation par les herbivores domestiques joue un rôle déterminant en affectant la production des semences non seulement en quantité mais également en qualité. En effet, certaines espèces, sélectivement consommées avant maturation et dispersion des semences, voient leur potentiel de reproduction diminué et leur dynamique modifiée (GROUZIS, 1992).

Ces mêmes animaux participent activement à la dissémination de certaines espèces soit par épizoochorie, soit par endozoochorie. De nombreuses espèces herbacées (*Cenchrus biflorus* Schult., *Tragus berteronianus* (L.) All., *Tribulus terrestris* L., *Zornia glochidiata* Reichb. ex DC.) possèdent en effet des dispositifs qui permettent aux semences d'être véhiculées par les animaux. L'endozoochorie est reconnue pour être un système de dissémination courant des ligneux (*Acacia* sp., *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., *Ziziphus mauritiana* Lam.).

Enfin par la concentration de déjections autour des points d'eau, l'animal favorise le développement de groupements nitrophiles mono ou bi-spécifiques (*Trianthema portulacastrum*, *Boerhavia diffusa*..., POISSONET et al., 1992).

Chacune de ces communautés végétales (herbacées) subit par ailleurs une forte variabilité interannuelle caractérisée par de nettes fluctuations de la composition floristique. Ces variations sont sous la dépendance étroite des caractéristiques pluviométriques de la saison : hauteur et répartition spatio-temporelle (CORNET, 1981 ; CLAUDE et al., 1991). La variabilité interannuelle de la composition floristique est parfois déviée par un effet rémanence des conditions pluviométriques de l'année précédente, effet d'autant plus important que l'année de référence est exceptionnellement sèche ou humide.

Ces différences de comportement des communautés végétales sahéliennes traduisent leur parfaite plasticité face à la variabilité interannuelle des conditions édapho-climatiques. Cette plasticité résulte en fait de la large prédominance des thérophytes, qui présentent la meilleure stratégie adaptative aux caractères aléatoires du milieu sahélien.

La végétation sahélienne apparaît donc comme un ensemble de communautés complexes très variables dans le temps et dans l'espace. Leur évolution dépend étroitement des caractéristiques des précipitations dont la variabilité représente le facteur essentiel de la diversité floristique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AKPO, L. E., 1993. — *Influence du couvert sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée en milieu sahélien*. ORSTOM (TDM), Paris, 174 p.
- AKPO, L. E., GROUZIS, M. & GASTON, A., 1993. — Pluviosité et productivité des herbages de l'aire pastorale de Wiidu Thiengoli (Nord-Sénégal). Estimation des charges fréquentielles. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 46(4), 7 p.
- BERHAUT, J., 1967. — *Flore du Sénégal*. Clairafrique Ed., Dakar, 485 p.
- BILLE, J. C., 1977. — *Etude de la production primaire nette d'un écosystème sahélien*. ORSTOM (Trav. & Doc., 65), Paris, 82 p.
- CHAMBRIS, F., 1988. — *Dynamique des pâturages sahéliens : Influence des pluies, du substrat et de l'exploitation animale. Exemple du Ferlo septentrional, Sénégal, 6 années d'observation à LABGAR*. DAA, ENSA, Montpellier, 68 p.
- CLAUDE, J., GROUZIS, M. & MILLEVILLE, P., 1991. — *Un espace sahélien : la Mare d'Oursi, Burkina Faso*. ORSTOM Ed., Paris, 241 p.
- CORNET, A., 1981. — *Le bilan hydrique et son rôle dans la production de la strate herbacée de quelques phytocénoses sahéliennes au Sénégal*. Thèse Ing., USTL, Montpellier, 353 p.
- DAGET, P. & TRANCHEFORT, J., 1974. — *Une méthode d'analyse diachronique de populations complexes : application au peuplement végétal d'une prairie permanente*. Colloque International sur l'utilisation de l'Informatique dans les Sciences de l'Environnement. Arlon, 20-22 Mai, 18 p.
- DUBREUIL, P., 1974. — *Initiation à l'analyse hydrologique*. Masson, ORSTOM, Paris, 216 p.
- GROUZIS, M., 1988. — *Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens : la mare d'Oursi (Burkina Faso)*. ORSTOM (Etudes et Thèses), Paris, 336 p.
- GROUZIS, M., 1992. — Germination et établissement des plantes annuelles sahéliennes, pp. 267-282 in E. LE FLOC'H, M. GROUZIS, A. CORNET & J. C. BILLE (eds.), *L'aridité : une contrainte au développement*. ORSTOM (Coll. Didactiques), Paris, 597 p.
- GROUZIS, M. & AKPO, L. E., 1993. — *Tree and grass interactions in the sahelian zone (the Ferlo in North-Senegal)*. International Conference on Desert Development, Sustainable Development for our Common Future, Mexico City, Mexico, 25-30 July, 1993, 13 p.
- KOECHLIN, J., 1989. — Adaptation des systèmes agro-pastoraux aux milieux, au Niger et dans la Paraïba, pp. 317-321 in B. BRET, *Les hommes face aux sécheresses*. EST IHEAL.
- LE HOUÉROU, H. N., 1989. — *The grazing land ecosystems of the African Sahel*. Ecological studies 75, Springer Verlag, Paris, 282 p.
- LEBRUN, J. P., 1973. — *Enumération des plantes vasculaires du Sénégal*. IEMVT, Etude botanique n°2, Maisons-Alfort, 209 p.
- LEBRUN, J. P. & STORK, A. L., 1991. — *Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale*. Editions des Conservatoire et Jardin botaniques, Genève (Vol. I : Généralités et Annonaceae à Pandaceae, 249 p. ; Vol. II : Chrysobalanaceae à Apiaceae, 257 p.).
- LEPRUN, J. C., 1971. — Nouvelles observations sur les formations sableuses fixées du Ferlo occidental (Sénégal). *Assoc. Sénég. Et. Quater. Ouest Afr., Bull. Liaison, Sénégal*, 31.
- MAIGNIEN, R., 1965. — *Cartes pédologiques du Sénégal au 1/1.000.000 et Notice explicative*. ORSTOM, Dakar, 63 p.
- MARCHE-MARCHAND, J. J., 1965. — *Le monde végétal en Afrique intertropicale*. Edit. de l'Ecole, Paris, 471 p.
- MIEHE-KLUG, S., 1990. — *Inventaire et suivi (Monitoring) dans la parcelle d'élevage à Widdu Thiengoly (Ferlo Sénégal)*. GTZ, Hamburg., 114 p. + 19 p. annexes (Rapport).

- POISSONET, J., CHAMBRIS, F. & TOURE, I., 1992. — Equilibre et déséquilibre des phytocénoses sahéliennes. Influence de la pluviosité annuelle et de la proximité des points d'eau, pp. 283-296 in E. LE FLOC'H, M.GROUZIS, A.CORNET & J. C. BILLE (eds.), *L'aridité : une contrainte au développement*. ORSTOM (Coll. Didactiques), Paris, 597 p.
- SAPORTA, G., 1990. — *Probabilités, analyse des données et statistiques*. Technip Ed., Paris, 493 p.
- VALENZA, J., 1981. — Surveillance continue des pâturages naturels sénégalais : résultats de 1974 à 1978. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 34 (1) : 83-100.
- VALENZA, J. & DIALLO, A. K., 1972. — *Etude des pâturages du Nord Sénégal*. IEMVT, Etude agrost., 34, Maisons-Alfort, 311 p., 1 carte couleur, 1/200.000, 3 feuilles.

### ANNEXE : CODES DES ESPECES<sup>1</sup>

42	<i>Alysicarpus ovalifolius</i> (Schumach.) J. Léonard	Fabaceae
77	<i>Aristida funiculata</i> Trin. & Rupr.	Poaceae
80	<i>Aristida mutabilis</i> Trin. & Rupr.	Poaceae
83	<i>Aristida sieberana</i> Trin.	Poaceae
84	<i>Aristida stipoides</i> Lam.	Poaceae
104	<i>Boerhavia repens</i> L. subsp. <i>diandra</i> (L.) Maire & Weiller	Nyctaginaceae
110	<i>Spermacoce radiata</i> DC.	Rubiaceae
112	<i>Spermacoce stachydea</i> Hutch. & Dalz.	Rubiaceae
116	<i>Brachiaria callopus</i> (Pilg.) Stapf	Poaceae
122	<i>Brachiaria ramosa</i> (L.) Stapf	Poaceae
123	<i>Brachiaria xantholeuca</i> (Hack. ex Schinz) Stapf	Poaceae
143	<i>Cassia italica</i> (Mill.) F.W. Andr.	Caesalpinaceae
144	<i>Cassia mimosoides</i> L.	Caesalpinaceae
148	<i>Cassia obtusifolia</i> L.	Caesalpinaceae
153	<i>Cenchrus biflorus</i> Roxb.	Poaceae
154	<i>Cenchrus prieuri</i> (Kunth) Maire	Poaceae
158	<i>Ceratotheca sesamoides</i> Endl.	Pedaliaceae
163	<i>Chloris prieuri</i> Kunth	Poaceae
167	<i>Chrozophora senegalense</i> (Lam.) A. Juss. ex Spreng.	Euphorbiaceae
173	<i>Cleome tenella</i> L. f.	Capparidaceae
174	<i>Cleome viscosa</i> L.	Capparidaceae
181	<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Mansf.	Cucurbitaceae
182	<i>Citrullus colocynthis</i> (L.) Schrad.	Cucurbitaceae
194	<i>Commelina forskalaei</i> Vahl	Commelinaceae
201	<i>Corchorus fascicularis</i> Lam.	Tiliaceae
203	<i>Corchorus tridens</i> L.	Tiliaceae
221	<i>Crotalaria perottetii</i> DC.	Fabaceae
233	<i>Cucumis melo</i> L.	Cucurbitaceae
262	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) P. Beauv.	Poaceae
267	<i>Desmodium setigerum</i> (E. Mey) Benth. ex Harv.	Fabaceae
277	<i>Digitaria gayana</i> (Kunth.) Stapf ex A. Chev.	Poaceae
280	<i>Digitaria longiflora</i> (Retz.) Pers.	Poaceae
315	<i>Eragrostis ciliaris</i> (L.) R. Br.	Poaceae

316	<i>Eragrostis domingensis</i> (Pers.) Steud.	Poaceae
322	<i>Eragrostis pilosa</i> P. Beauv.	Poaceae
326	<i>Eragrostis tremula</i> Hochst.ex Steud.	Poaceae
338	<i>Euphorbia serpens</i> H. B. & K.	Euphorbiaceae
354	<i>Fimbristylis hispudula</i> (Vahl) Kunth	Cyperaceae
362	<i>Gisekia pharnacioides</i> L.	Aizoaceae
379	<i>Heliotropium subulatum</i> (Hochst. ex A. DC.) Vake.	Boraginaceae
384	<i>Heliotropium strigosum</i> Willd.	Boraginaceae
422	<i>Indigofera aspera</i> Perr. ex DC.	Fabaceae
423	<i>Indigofera astragalina</i> DC.	Fabaceae
428	<i>Indigofera diphylla</i> Vent.	Fabaceae
439	<i>Indigofera pilosa</i> Poir.	Fabaceae
444	<i>Indigofera senegalensis</i> Lam.	Fabaceae
460	<i>Ipomoea pes-tigridis</i> L.	Convolvulaceae
482	<i>Kohautia grandiflora</i> DC.	Rubiaceae
483	<i>Kohautia senegalensis</i> Cham. & Schlecht.	Rubiaceae
494	<i>Lepidagathis scarlosa</i> Nees	Acanthaceae
495	<i>Leptadenia hastata</i> (Pers.) Decne.	Acanthaceae
498	<i>Leptotrium senegalense</i> (Kunth) Clayton	Poaceae
500	<i>Limeum linifolium</i> Fenzl	Aizoaceae
501	<i>Limeum pterocarpum</i> Gay Heimerl	Molluginaceae
502	<i>Limeum viscosum</i> (Gay) Fenzl.	Aizoaceae
530	<i>Merremia pinnata</i> (Hochst ex Choisy) Hallier f.	Convolvulaceae
531	<i>Merremia tridentata</i> (L.) Hallier. f.	Convolvulaceae
534	<i>Mimosa pigra</i> L.	Mimosaceae
538	<i>Mollugo nudicaulis</i> Lam.	Molluginaceae
544	<i>Monsonia senegalensis</i> Guill. & Perr.	Geraniaceae
617	<i>Polycarpaea linearifolia</i> (DC.) DC.	Caryophyllaceae
626	<i>Portulaca foliosa</i> Ker-Gawl.	Portulacaceae
627	<i>Portulaca grandiflora</i> Hook.	Portulacaceae
628	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacaceae
672	<i>Schoenefeldia gracilis</i> Kunth	Poaceae
749	<i>Tephrosia bracteolata</i> Guill. et Per.	Fabaceae
751	<i>Tephrosia linearis</i> (Willd) Pers.	Fabaceae
757	<i>Tephrosia purpurea</i> (L.) Pers.	Fabaceae
767	<i>Tragus berteronianus</i> Schult.	Poaceae
768	<i>Tragus racemosus</i> (L.) All.	Poaceae
771	<i>Tribulus terrestris</i> L.	Tribulaceae
807	<i>Zornia glochidiata</i> Reichb. ex DC.	Fabaceae
872	<i>Ascolepis protea</i> Welw.	Cyperaceae
1631	<i>Eriospermum abyssinicum</i> Bak.	Liliaceae